

## 明細書

### 転がり軸受

5

### 技術分野

本発明は、減速機、ドライブピニオン、トランスミッションなどに用いられる転がり軸受に関し、より具体的には、転動疲労特性が長寿命で、かつ、高度の耐割れ強度や耐経年寸法変化を有する転がり軸受に関するものである。

10

### 背景技術

軸受部品の転動疲労に対して長寿命を与える熱処理方法として、焼入れ加熱時の雰囲気RXガス中に、さらにアンモニアガスを添加するなどして、その軸受部品の表層部に浸炭窒化処理を施す方法がある（たとえば特開平8-4774号公報、特開平11-101247号公報）。この浸炭窒化処理を用いることにより、表層部を硬化させ、さらに、ミクロ組織中に残留オーステナイトを生成させ、転動疲労寿命を向上させることができる。

20 漫炭窒化処理は拡散処理のため、長時間高温に保持する必要があるので、組織が粗大化する等して割れ強度の向上を図ることは困難であり、改善の余地がある。また、残留オーステナイトの増加による経年寸法変化率の増大についても改善の余地がある。

25 一方、転動疲労に対して長寿命を確保し、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率の増大を防ぐには、鋼の合金設計によって行なうことが可能である。しかし、合金設計によると、原材料コストが高くなるなどの問題点が発生する。

30 今後の軸受部品には、使用環境の高荷重化、高温化に伴い、従来よりも、大きな荷重条件で、かつ、より高温で使用できる特性を備えることが要求される。こ

のため、転動疲労特性が長寿命で、高度の割れ強度と寸法安定性とを有する軸受部品が必要になる。

### 発明の開示

5

本発明は、高度の耐割れ強度と寸法安定性とを有し、転動疲労寿命に優れた転がり軸受を提供することを目的とする。

本発明の転がり軸受は、内輪、外輪および複数の転動体を有する転がり軸受であって、内輪、外輪および転動体のうち少なくともいずれか一つの部材が、窒素富化層を有し、前記窒素富化層におけるオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超えることを特徴とするものである。

窒素富化層は、軌道輪（外輪もしくは内輪）または転動体の表層に形成された窒素含有量を増加した層であって、例えば浸炭窒化、窒化、浸窒などの処理によって形成させることができる。窒素富化層における窒素含有量は、好ましくは0.1%～0.7%の範囲である。窒素含有量が0.1%より少ないと効果がなく、特に異物混入条件での転動寿命が低下する。窒素含有量が0.7%より多いと、ボイドと呼ばれる空孔ができたり、残留オーステナイトが多くなりすぎて硬度が出なくなったりして短寿命になる。軌道輪に形成された窒素富化層については、窒素含有量は、研削後の軌道面の表層50μmにおける値であって、例えばEDMA（波長分散型X線マイクロアナライザ）で測定することができる。

また、オーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超えるほどオーステナイト粒径が微細であることにより、転動疲労寿命を大幅に改良することができる。オーステナイト粒径の粒度番号が10番以下では、転動疲労寿命は大きく改善されないので、10番を超える範囲とする。通常、11番以上とする。オーステナイト粒径は細かいほど望ましいが、通常、13番を超える粒度番号を得ることは難しい。なお、上記の軸受部品のオーステナイト粒は、窒素富化層を有する表層部でも、それより内側の内部でも変化しない。したがって、上記の結晶粒度番号の

範囲の対象となる位置は、表層部および内部とする。オーステナイト結晶粒は、たとえば焼入れ処理を行なった後も焼入れ直前のオーステナイト結晶粒界の痕跡が残っており、その痕跡に基づいた結晶粒をいう。

5 本発明の転がり軸受は、窒素富化層を形成した上で、オーステナイト粒径を粒度番号で 11 番以上に微細化したため、転動疲労寿命が大きく改善され、優れた耐割れ強度や耐経年寸法変化を得ることができる。

窒素富化層の表層硬度は Hv 700 以上、好ましくは Hv 720 ~ 800 の範  
10 囲である。Hv 700 を下回ると特に異物混入条件での寿命が低下する。一方、  
Hv 800 を越えると、炭化物が大きくなりやすく、応力集中源になる可能性がある。

さらに、残留オーステナイト量が 11 %程度になると、異物混入潤滑寿命が低  
15 下し、11 %未満になるとさらに低下する傾向にある。一方、残留オーステナイト量が 25 %より多いと、残留オーステナイト量が通常の浸炭窒化処理と差異がなくなってしまうため、経年寸法変化を抑制できなくなる。軌道輪については、  
残留オーステナイト量は研削後の軌道面の表層 50 μm における値であって、例  
えれば X 線回折によるマルテンサイト  $\alpha$  (211) と残留オーステナイト  $\gamma$  (22  
20 0) の回折強度の比較で測定することができる。

#### 図面の簡単な説明

図 1 は本発明の実施の形態における転がり軸受を示す概略断面図である。

25 図 2 は本発明の実施の形態における転がり軸受の熱処理方法を説明する図である。

図 3 は本発明の実施の形態における転がり軸受の熱処理方法の変形例を説明する図である。

30 図 4 A は本発明例の軸受部品のミクロ組織、とくにオーステナイト粒を示す図である。

図4Bは従来の軸受部品のミクロ組織、とくにオーステナイト粒を示す図である。

図5Aは図4Aを図解したオーステナイト粒界を示す図である。

図5Bは図4Bを図解したオーステナイト粒界を示す図である。

5 図6は静圧壊強度試験（破壊応力値の測定）の試験片を示す図である。

図7Aは転動疲労寿命試験機の概略正面図である。

図7Bは転動疲労寿命試験機の概略側面図である。

図8は静的破壊靭性試験の試験片を示す図である。

10

## 発明を実施する最良の形態

次に、図面を用いて本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明の実施の形態における転がり軸受を示す概略断面図である。図1において、この転がり軸受10は、外輪1と、内輪2と、転動体3とを主に有している。図面はラジアル玉軸受を表しているが、玉軸受、円すいころ軸受、円筒ころ軸受、針状ころ軸受も同様に本発明の実施の形態の対象になる。転動体3は、外輪1と内輪2との間に配置された保持器により転動可能に支持されている。これら転がり軸受の外輪1、内輪2および転動体3の少なくとも1つの軸受部品は窒素富化層を有する。

20

窒素富化層を形成させるための処理の具体例として浸炭窒化処理を含む熱処理について説明する。図2は、本発明の実施の形態における転がり軸受の熱処理方法を説明する図であり、図3はその変形例を説明する図である。図2は一次焼入れおよび二次焼入れを行なう方法を示す熱処理パターンであり、図3は焼入れ途中で材料をA<sub>1</sub>変態点温度未満に冷却し、その後、再加熱して最終的に焼入れする方法を示す熱処理パターンである。これらの図において、処理T<sub>1</sub>では鋼の素地に炭素や窒素を拡散させたまま炭素の溶け込みを十分に行なった後、A<sub>1</sub>変態点未満に冷却する。次に、図中の処理T<sub>2</sub>において、A<sub>1</sub>変態点温度以上かつ処理T<sub>1</sub>よりも低温に再加熱し、そこから油焼入れを施す。

30

上記の熱処理により、従来の浸炭窒化焼入れすなわち浸炭窒化処理に引き続いてそのまま1回焼入れするよりも、表層部分を浸炭窒化しつつ、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率を減少させることができる。上記図2または図3の熱処理パターンによって製造された本発明の転がり軸受は、オーステナイト結晶粒の粒径が従来の2分の1以下となるミクロ組織を有している。上記の熱処理を受けた軸受部品は、転動疲労に対して長寿命であり、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率も減少させることができる。結晶粒の微細化のために二次焼入れ温度を下げる熱処理工程をとるため、残留オーステナイト量が表層および内部で減少する結果、すぐれた耐割れ強度や耐経年寸法変化を得ることができる。 10

図4は、軸受部品のミクロ組織、とくにオーステナイト粒を示す図である。図4(a)は本発明例の軸受部品であり、図4(b)は従来の軸受部品である。すなわち、図2に示す熱処理パターンを適用した本発明の実施の形態である転がり軸受の軌道輪のオーステナイト結晶粒度を図4(a)に示す。また、比較のため、15 従来の熱処理方法による軸受鋼のオーステナイト結晶粒度を図4(b)に示す。また、図5(a)および図5(b)に、上記図4(a)および図4(b)を図解したオーステナイト結晶粒度を示す。これらオーステナイト結晶粒度を示す組織より、従来のオーステナイト粒径はJIS規格の粒度番号で10番であり、図2または図3による熱処理方法によれば12番の細粒を得ることができる。また、20 図4(a)の平均粒径は、切片法で測定した結果、5.6μmであった。

次に、本発明の実施例について説明する。

#### (実施例1)

25 JIS規格SUJ2材(1.0重量%C-0.25重量%S-0.4重量%Mn-1.5重量%Cr)を用いて、(1)水素量の測定、(2)結晶粒度の測定、(3)シャルピー衝撃試験、(4)破壊応力値の測定、(5)転動疲労試験の各試験を行なった。表1にその結果を示す。

【表1】

| 試 料                              | A   | B    | C    | D    | E    | F    | 従来浸炭<br>窒化処理 | 普通焼入<br>れ |
|----------------------------------|-----|------|------|------|------|------|--------------|-----------|
| 二次焼入れ<br>温度 (°C)                 | 780 | 800  | 815  | 830  | 850  | 870  | -            | -         |
| 水 素 量<br>(p p m)                 | -   | 0.37 | 0.40 | 0.38 | 0.42 | 0.40 | 0.72         | 0.38      |
| 結晶粒度<br>(J I S)                  | -   | 12   | 11.5 | 11   | 10   | 10   | 10           | 10        |
| シャルピー<br>衝撃値(J/cm <sup>2</sup> ) | -   | 6.65 | 6.40 | 6.30 | 6.20 | 6.30 | 5.33         | 6.70      |
| 破壊応力値<br>(M P a)                 | -   | 2840 | 2780 | 2650 | 2650 | 2700 | 2330         | 2770      |
| 転動疲労寿命<br>比 (L <sub>10</sub> )   | -   | 5.4  | 4.2  | 3.5  | 2.9  | 2.8  | 3.1          | 1         |

各試料の製造履歴は次のとおりである。

- 試料A～D（本発明例）：浸炭窒化処理850°C、保持時間150分間。雰囲気は、RXガスとアンモニアガスとの混合ガスとした。図2に示す熱処理パターンにおいて、浸炭窒化処理温度850°Cから一次焼入れをおこない、次いで浸炭窒化処理温度より低い温度域780°C～830°Cに加熱して二次焼入れを行なった。  
 5 ただし、二次焼入れ温度780°Cの試料Aは焼入れ不足のため試験の対象から外した。
- 10 試料E, F（比較例）：浸炭窒化処理は、本発明例A～Dと同じ履歴で行ない、二次焼入れ温度を浸炭窒化処理温度850°C以上の850°C～870°Cで行なった。
- 従来浸炭窒化処理品（比較例）：浸炭窒化処理850°C、保持時間150分間。  
 15 雰囲気は、RXガスとアンモニアガスとの混合ガスとした。浸炭窒化処理温度からそのまま焼入れを行ない、二次焼入れは行なわなかった。

普通焼入れ品（比較例）：浸炭窒化処理を行なわずに、850°Cに加熱して焼入れした。二次焼入れは行なわなかった。

次に、試験方法について説明する。

5

#### （1）水素量の測定

水素量は、LECO社製DH-103型水素分析装置により、鋼中の非拡散性水素量を分析した。拡散性水素量は測定していない。このLECO社製DH-103型水素分析装置の仕様を下記に示す。

10

分析範囲：0.01～50.00 ppm

分析精度： $\pm 0.1 \text{ ppm}$ または $\pm 3\% \text{ H}$ （いずれか大なるほう）

分析感度：0.01 ppm

検出方式：熱伝導度法

15 試料重量サイズ：10 mg～35 mg（最大：直径12 mm×長さ100 mm  
）

加熱炉温度範囲：50°C～1100°C

試薬：アンハイドロン Mg (ClO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>、アスカライト NaOH

キャリアガス：窒素ガス、ガスドージングガス：水素ガス、いずれのガスも純

20 度99.99%以上、圧力40 psi (2.8 kgf/cm<sup>2</sup>) である。

測定手順の概要は以下のとおりである。専用のサンプラーで採取した試料をサンプラーごと上記の水素分析装置に挿入する。内部の拡散性水素は窒素キャリアガスによって熱伝導度検出器に導かれる。この拡散性水素は本実施例では測定しない。次に、サンプラーから試料を取り出し、抵抗加熱炉内で加熱し、非拡散性水素を窒素キャリアガスによって熱伝導度検出器に導く。熱伝導度検出器において熱伝導度を測定することによって非拡散性水素量を知ることができる。

#### （2）結晶粒度の測定

30 結晶粒度の測定は、JIS G 0551の鋼のオーステナイト結晶粒度試験

方法に基づいて行なった。

### (3) シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験は、JIS Z 2242の金属材料のシャルピー衝撃試験方法に基づいて行なった。試験片は、JIS Z 2202に示されたUノッチ試験片（JIS 3号試験片）を用いた。

### (4) 破壊応力値の測定

図6は、静圧壊強度試験（破壊応力値の測定）の試験片を示す図である。図中のP方向に荷重を負荷して破壊されるまでの荷重を測定する。その後、得られた破壊荷重を、下記に示す曲がり梁の応力計算式により応力値に換算する。なお、試験片は図6に示す試験片に限らず、他の形状の試験片を用いてもよい。

図6の試験片の凸表面における繊維応力を $\sigma_1$ 、凹表面における繊維応力を $\sigma_2$ とすると、 $\sigma_1$ および $\sigma_2$ は下記の式によって求められる（機械工学便覧A 4編材料力学A 4-40）。ここで、Nは円環状試験片の軸を含む断面の軸力、Aは横断面積、 $e_1$ は外半径、 $e_2$ は内半径を表す。また、 $\kappa$ は曲がり梁の断面係数である。

$$\sigma_1 = (N/A) + [M/(A\rho_0)] [1 + e_1 / \{\kappa(\rho_0 + e_1)\}]$$

$$\sigma_2 = (N/A) + [M/(A\rho_0)] [1 - e_2 / \{\kappa(\rho_0 - e_2)\}]$$

$$\kappa = -(1/A) \int A \{\eta / (\rho_0 + \eta)\} dA$$

### (5) 転動疲労寿命

転動疲労寿命試験の試験条件を表2に示す。また、図7は、転動疲労寿命試験機の概略図である。図7(a)は正面図であり、図7(b)は側面図である。図7(a)および図7(b)において、転動疲労寿命試験片21は、駆動ロール11によって駆動され、ボール13と接触して回転している。ボール13は、3/4インチのボールであり、案内ロール12にガイドされて、転動疲労寿命試験片21との間で高い面圧を及ぼし合いながら転動する。

表1に示した実施例1の試験結果を説明すると次のとおりである。

### (1) 水素量

浸炭窒化処理したままの従来浸炭窒化処理品は、0.72 ppmと非常に高い値となっている。これは、浸炭窒化処理の雰囲気に含まれるアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) が分解して水素が鋼中に浸入したためと考えられる。これに対し、試料B～Dは、水素量は0.37～0.40 ppmと半分近くまで減少している。この水素量は普通焼入れ品と同レベルである。

上記の水素量の低減により、水素の固溶に起因する鋼の脆化を軽減することができる。すなわち、水素量の低減により、本発明例の試料B～Dのシャルピー衝撃値は大きく改善されている。

### (2) 結晶粒度

結晶粒度は二次焼入れ温度が、浸炭窒化処理時の焼入れ（一次焼入れ）の温度より低い場合、すなわち試料B～Dの場合、オーステナイト粒は、結晶粒度番号11～12と顕著に微細化されている。試料EおよびFならびに従来浸炭窒化処理品および普通焼入れ品のオーステナイト粒は、結晶粒度番号10であり、本発明例の試料B～Dより粗大な結晶粒となっている。

### 20 (3) シャルピー衝撃試験

表1によれば、従来浸炭窒化処理品のシャルピー衝撃値は5.33 J/cm<sup>2</sup>であるのに比して、本発明例の試料B～Dのシャルピー衝撃値は6.30～6.65 J/cm<sup>2</sup>と高い値が得られている。この中でも、二次焼入れ温度が低い方がシャルピー衝撃値が高くなる傾向を示す。普通焼入れ品のシャルピー衝撃値は6.70 J/cm<sup>2</sup>と高い。

### (4) 破壊応力値の測定

上記破壊応力値は、耐割れ強度に相当する。表1によれば、従来浸炭窒化処理品は2330 MPaの破壊応力値となっている。これに比して、試料B～Dの破壊応力値は2650～2840 MPaと改善された値が得られている。普通焼入

れ品の破壊応力値は 2770 MPa であり、試料 B～D の改良された耐割れ強度は、オーステナイト結晶粒の微細化と並んで、水素含有率の低減による効果が大きいと推定される。

### 5 (5) 転動疲労試験

表 1 によれば、普通焼入れ品は浸炭窒化層を表層部に有しないことを反映して、転動疲労寿命  $L_{10}$  は最も低い。これに比して従来浸炭窒化処理品の転動疲労寿命は 3.1 倍となる。試料 B～D の転動疲労寿命は従来浸炭窒化処理品より大幅に向 上する。試料 E, F は、従来浸炭窒化処理品とほぼ同等である。

- 10 上記をまとめると、本発明例の試料 B～D は、水素含有率が低下し、オーステナ イト結晶粒度が 11 番以上に微細化され、シャルピー衝撃値、耐割れ強度および 転動疲労寿命も改善される。

### (実施例 II)

- 15 次に実施例 II について説明する。下記の X 材、Y 材および Z 材について、一連 の試験を行なった。熱処理用素材には、JIS 規格 SUJ2 材 (1.0 重量% C - 0.25 重量% Si - 0.4 重量% Mn - 1.5 重量% Cr) を用い、X 材～ Z 材に共通とした。X 材～Z 材の製造履歴は次のとおりである。

X 材（比較例）：普通焼入れのみ（浸炭窒化処理せず）。

- 20 Y 材（比較例）：浸炭窒化処理後にそのまま焼入れ（従来の浸炭窒化焼入れ）。 浸炭窒化処理温度 845°C、保持時間 150 分間。浸炭窒化処理の雰囲気は、RX ガス + アンモニアガスとした。

Z 材（本発明例）：図 2 の熱処理パターンを施した軸受鋼。浸炭窒化処理温度 845°C、保持時間 150 分間。浸炭窒化処理の雰囲気は、RX ガス + アンモニアガスとした。最終焼入れ温度は 800°C とした。

### (1) 転動疲労寿命

転動疲労寿命の試験条件および試験装置は、上述したように、表 2 および図 7 に示すとおりである。この転動疲労寿命試験結果を表 3 に示す。

【表2】

|      |                             |
|------|-----------------------------|
| 試験片  | $\phi 12 \times L 22$ 円筒試験片 |
| 試験数  | 10                          |
| 相手鋼球 | 3/4インチ (19.05mm)            |
| 接触面圧 | 5.88 GPa                    |
| 負荷速度 | 46240 cpm                   |
| 潤滑油  | ターピンVG68 強制循環給油             |

【表3】

| 材質 | 寿命（負荷回数）                    |                             | $L_{10}$ の比 |
|----|-----------------------------|-----------------------------|-------------|
|    | $L_{10}$ ( $\times 10^4$ 回) | $L_{50}$ ( $\times 10^4$ 回) |             |
| X材 | 8017                        | 18648                       | 1.0         |
| Y材 | 24656                       | 33974                       | 3.1         |
| Z材 | 43244                       | 69031                       | 5.4         |

5 表3によれば、比較例のY材は、同じく比較例で普通焼入れのみを施したX材の $L_{10}$ 寿命（試験片10個中1個が破損する寿命）の3.1倍を示し、浸炭窒化処理による長寿命化の効果が認められる。これに対して、本発明例のZ材は、B材の1.74倍、またX材の5.4倍の長寿命を示している。この改良の主因はミクロ組織の微細化によるものと考えられる。

10

## (2) シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験は、Uノッチ試験片を用いて、上述のJISZ2242に準じた方法により行なった。試験結果を表4に示す。

【表4】

| 材質 | シャルピー衝撃値<br>(J/cm <sup>2</sup> ) | 衝撃値の比 |
|----|----------------------------------|-------|
| X材 | 6.7                              | 1.0   |
| Y材 | 5.3                              | 0.8   |
| Z材 | 6.7                              | 1.0   |

漫炭窒化処理を行なったY材（比較例）のシャルピー衝撃値は、普通焼入れのX材（比較例）より高くないが、Z材はX材と同等の値が得られた。

5

### （3）静的破壊韌性値の試験

図8は、静的破壊韌性試験の試験片を示す図である。この試験片のノッチ部に、予き裂を約1mm導入した後、3点曲げによる静的荷重を加え、破壊荷重Pを求めた。破壊韌性値（K<sub>1C</sub>値）の算出には次に示す（1）式を用いた。また、試験結果を表5に示す。

$$K_{1C} = \left( P L \sqrt{a / BW^2} \right) \{ 5.8 - 9.2 (a/W) + 43.6 (a/W)^2 - 75.3 (a/W)^3 + 77.5 (a/W)^4 \} \dots \quad (1)$$

【表5】

| 材質 | 試験数 | K <sub>1C</sub> (MPa·m <sup>0.5</sup> ) | K <sub>1C</sub> の比 |
|----|-----|---|--------------------|
| X材 | 3   | 16.3                                    | 1.0                |
| Y材 | 3   | 16.1                                    | 1.0                |
| Z材 | 3   | 18.9                                    | 1.2                |

予き裂深さが浸炭窒化層深さよりも大きくなつたため、比較例のX材とY材とには違いはない。しかし、本発明例のZ材は比較例に対して約1.2倍の値を得ることができた。

#### 5 (4) 静圧壊強度試験

静圧壊強度試験片は、上述のように図6に示す形状のものを用いた。図中、P方向に荷重を付加して、静圧壊強度試験を行なつた。試験結果を表6に示す。

【表6】

| 材質 | 試験数 | 静圧壊強度 (kgf) | 静圧壊強度の比 |
|----|-----|-------------|---------|
| X材 | 3   | 4200        | 1.00    |
| Y材 | 3   | 3500        | 0.84    |
| Z材 | 3   | 4300        | 1.03    |

10

浸炭窒化処理を行なつてゐるY材は普通焼入れのX材よりも低い値である。しかしながら、本発明例のZ材は、Y材よりも静圧壊強度が向上し、X材と遜色ないレベルが得られている。

#### 15 (5) 経年寸法変化率

保持温度130°C、保持時間500時間における経年寸法変化率の測定結果を、表面硬度、残留オーステナイト量(50μm深さ)と併せて表7に示す。

【表7】

| 材質 | 試験数 | 表面硬度<br>(HRC) | 残留γ量<br>(%) | 寸法変化率<br>( $\times 10^{-6}$ ) | 寸法変化率<br>の比 |
|----|-----|---------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| X材 | 3   | 62.5          | 8.8         | 18                            | 1.0         |
| Y材 | 3   | 63.6          | 30.5        | 35                            | 1.9         |
| Z材 | 3   | 60.0          | 11.8        | 22                            | 1.2         |

残留オーステナイト量の多いY材の寸法変化率に比べて、本発明例のZ材は2分の1以下に抑制されていることがわかる。

##### 5 (6) 異物混入下における転動寿命試験

玉軸受6206を用い、標準異物を所定量混入させた異物混入下での転動疲労寿命を評価した。試験条件を表8に、試験結果を表9に示す。

【表8】

|      |                                      |
|------|--------------------------------------|
| 荷重   | $F_r = 6.86 \text{ kN}$              |
| 接触面圧 | $P_{max} = 3.2 \text{ GPa}$          |
| 回転速度 | 2000 rpm                             |
| 潤滑   | ターピン56 油浴給油                          |
| 異物量  | 0.4 g / 1000 cc                      |
| 異物   | 粒径 100 ~ 180 $\mu\text{m}$ 、硬さ Hv800 |

10

【表9】

| 材質 | $L_{10}$ 寿命 (h) | $L_{10}$ の比 |
|----|-----------------|-------------|
| X材 | 20.0            | 1.0         |
| Y材 | 50.2            | 2.5         |
| Z材 | 45.8            | 2.3         |

X材に比べ、従来の浸炭窒化処理を施したY材は約2.5倍になり、また、本発明例のZ材は約2.3倍の長寿命が得られた。本発明例のZ材は、比較例のY材に比べて残留オーステナイトが少ないものの、窒素の浸入と微細化されたミク  
5 口組織の影響でほぼ同等の長寿命が得られている。

上記の結果より、Z材すなわち本発明例は、従来の浸炭窒化処理では困難であった転動疲労寿命の長寿命化、割れ強度の向上、経年寸法変化率の低減の3項目を同時に満足することができる事がわかった。

10

## (実施例III)

表10に、窒素含有量と異物混入条件下の転動寿命との関係について行なった試験の結果を示す。なお、比較例1は標準焼入れ品、比較例2は標準の浸炭窒化品である。比較例3は本発明実施例と同様の処理を施したもの窒素量のみ過多  
15 の場合である。試験条件は次のとおりである。

供試軸受：円すいころ軸受30206（内・外輪、ころ共にJISによる高炭素クロム軸受鋼2種（SUJ2）製）

ラジアル荷重：17.64kN

アキシャル荷重：1.47kN

20 回転速度：2000 rpm

硬質の異物混入1g/L

【表10】

| No. | 窒素含有量(%) | 残留オーステナイト(%) | 硬 度(Hv) | 異物混入下の転動寿命(h) | オーステナイト結晶粒度 | 備 考  |
|-----|----------|--------------|---------|---------------|-------------|------|
| 1   | 0.11     | 14           | 725     | 321           | 11.8        | 実施例1 |
| 2   | 0.16     | 18           | 735     | 378           | 12.0        | 実施例2 |
| 3   | 0.18     | 20           | 730     | 362           | 11.9        | 実施例3 |
| 4   | 0.32     | 22           | 730     | 396           | 12.1        | 実施例4 |
| 5   | 0.61     | 24           | 715     | 434           | 12.2        | 実施例5 |
| 6   | 0        | 8            | 770     | 72            | 9.8         | 比較例1 |
| 7   | 0.32     | 32           | 710     | 155           | 10.0        | 比較例2 |
| 8   | 0.72     | 31           | 700     | 123           | 12.0        | 比較例3 |

表10より、実施例1～5に関しては、窒素含有量と異物寿命はほぼ比例関係にあることがわかる。ただし、窒素含有量が0.72の比較例3では異物混入下の転動寿命が極端に低下していることに照らし、窒素含有量は0.7を上限とするのがよい。

実施例11および111より、残留オーステナイト量は11～25%の範囲がよいことが分かる。残留オーステナイト量は例えばX線回折によるマルテンサイト $\alpha$ (211)と残留オーステナイト $\gamma$ (220)の回折強度の比較で測定する。  
10 軌道輪や転動体の研削後の表層50μm深さにおける値をとる。

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更  
15 が含まれることが意図される。

### 請求の範囲

1. 外輪、内輪および複数の転動体を有する転がり軸受において、前記外輪、内輪および転動体のうち少なくともいずれか一つの部材が、窒素富化層を有し、  
5 かつ、前記窒素富化層におけるオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲にある、転がり軸受。
2. 窒素富化層における窒素含有量が0.1%～0.7%の範囲である請求項1の転がり軸受。  
10
3. 前記部材が軌道輪であって、前記窒素含有量が、研削後の軌道面の表層50μmにおける値である請求項2の転がり軸受。  
15
4. 前記窒素富化層における硬度がHv700以上である請求項1の転がり軸受。  
15
5. 硬度がHv720～Hv800の範囲にある請求項4の転がり軸受。  
20
6. 前記部材が軌道輪であって、前記硬度が、研削後の軌道面の表層50μmにおける値である請求項4または5の転がり軸受。  
20
7. 窒素富化層における残留オーステナイト量が11～25%の範囲にある、請求項1の転がり軸受。  
25
8. 窒素富化層における窒素含有量が0.1%～0.7%の範囲である請求項7の転がり軸受。  
25
9. 前記部材が軌道輪であって、前記窒素含有量が、研削後の軌道面の表層50μmにおける値である請求項8の転がり軸受。  
30

FIG. 1

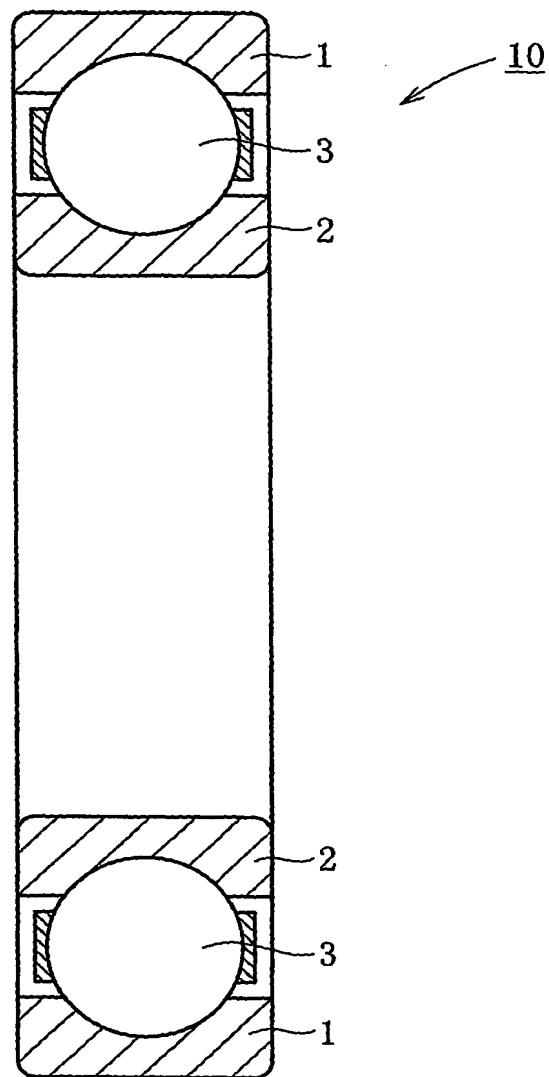


FIG. 2

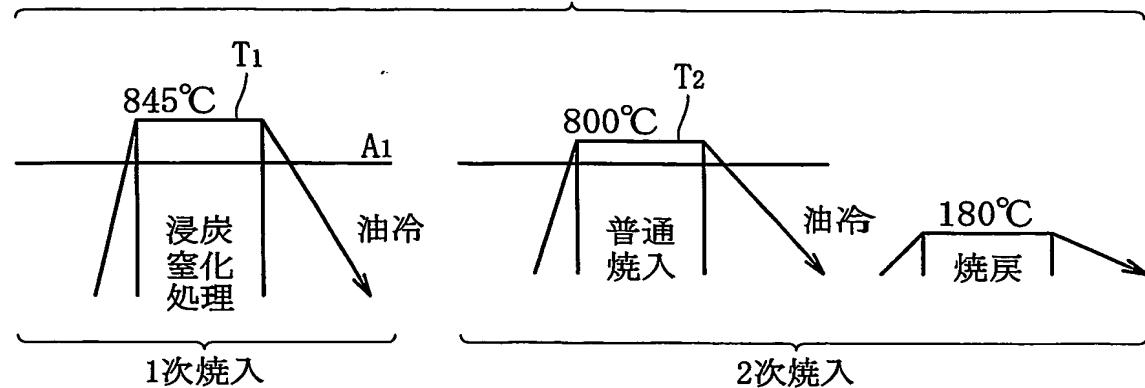


FIG. 3

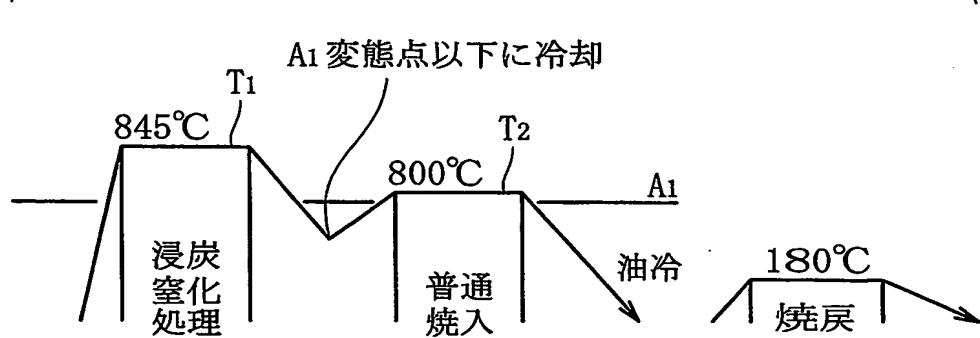


FIG. 4A

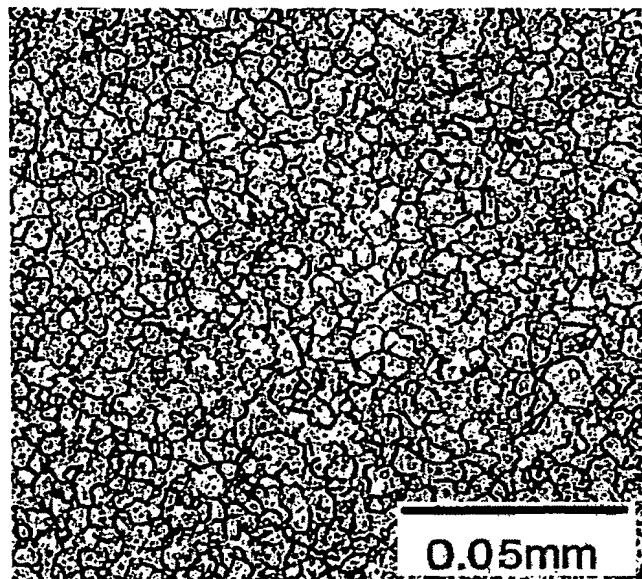


FIG. 4B

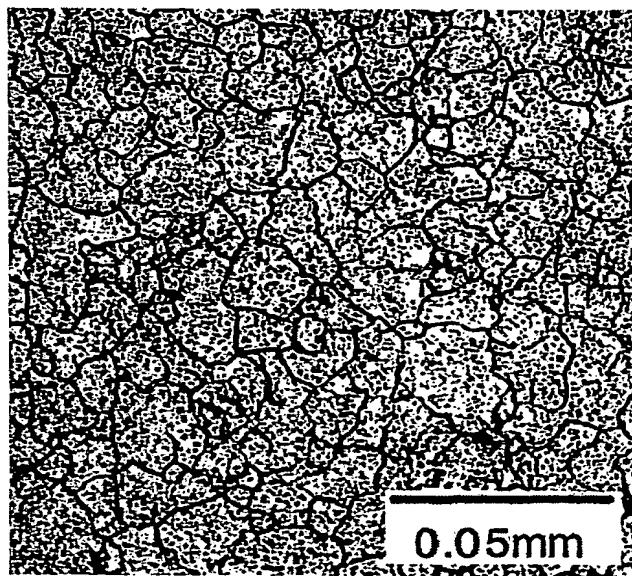


FIG. 5A

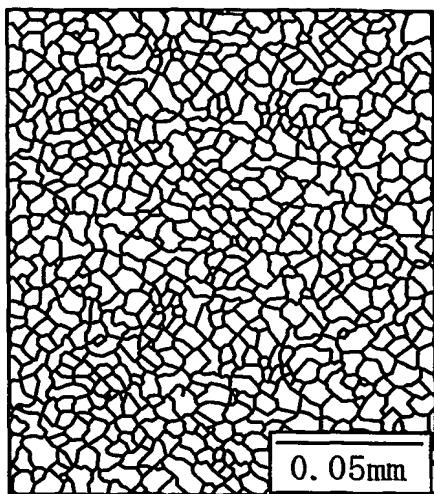


FIG. 5B

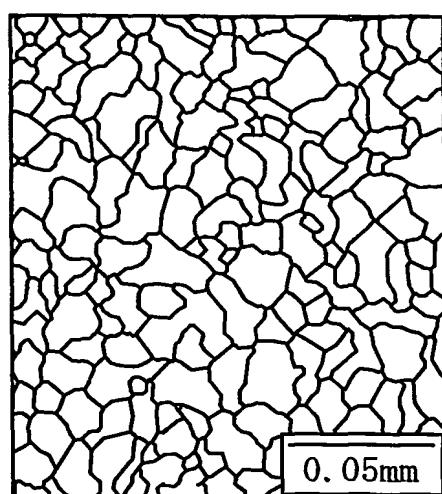


FIG. 6

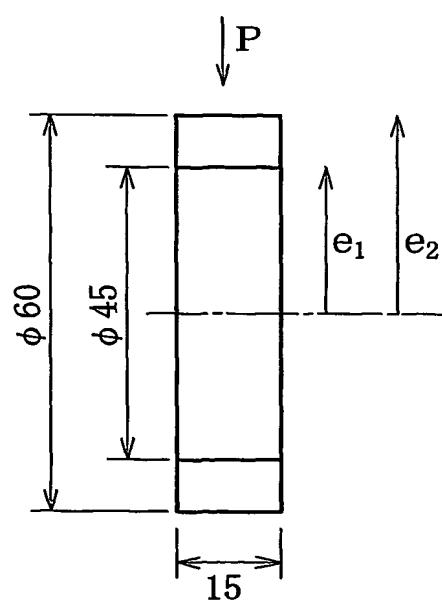


FIG. 7A

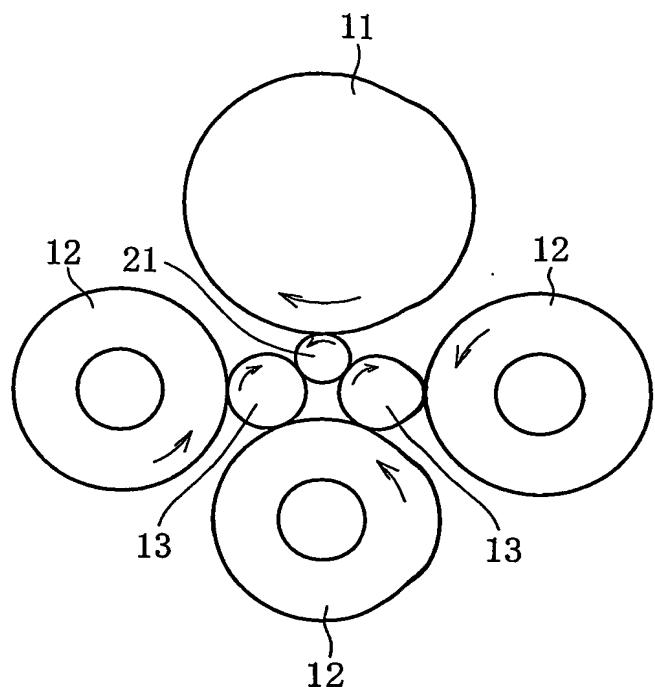


FIG. 7B

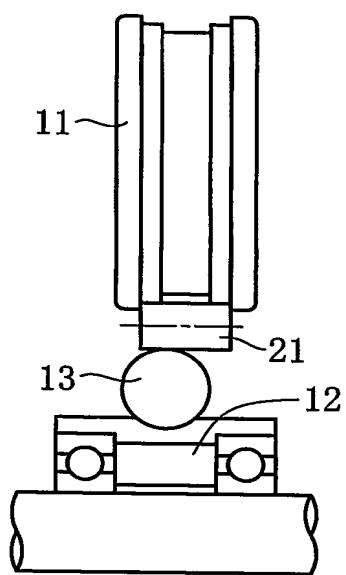
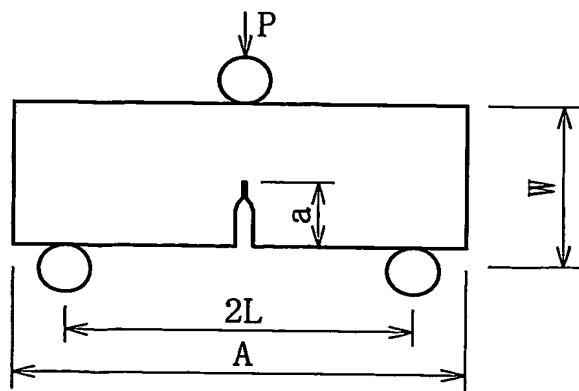


FIG. 8



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2004/014776

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

Int.C1<sup>7</sup> F16C33/62, 33/32, 33/34, C23C9/32

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.C1<sup>7</sup> F16C33/58-33/64, 33/32-33/36, C23C8/32

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2005 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2005 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2005 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| Y         | JP 4-141572 A (NTN Corp.),<br>15 May, 1992 (15.05.92),<br>Page 4, upper left column to upper right<br>column; Fig. 1<br>(Family: none)  | 1-9                   |
| Y         | JP 2003-226919 A (NTN Corp.),<br>15 August, 2003 (15.08.03),<br>Tables 1, 7<br>& JP 2003-226918 A & JP 2003-227517 A<br>& JP 2003-227518 A & JP 2004-092913 A<br>& JP 2004-137605 A & JP 2004-138238 A<br>& US 2003/0123769 A1 & DE 10254635 A<br>& FR 2841907 A & CN 1421541 A | 1-9                   |

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
02 February, 2005 (02.02.05)

Date of mailing of the international search report  
22 February, 2005 (22.02.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Faxsimile No.

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2004/014776

**C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                          | Relevant to claim No. |
|-----------|---|-----------------------|
| A         | WO 1998/044270 A1 (Koyo Seiko Co., Ltd.),<br>08 October, 1998 (08.10.98),<br>& US 6290398 B1 & EP 971141 A1 | 1-9                   |
| P, Y      | JP 2004-232669 A (NSK Ltd.),<br>19 August, 2004 (19.08.04),<br>(Family: none)                               | 1-9                   |
| P, Y      | JP 2004-257556 A (NTN Corp.),<br>16 September, 2004 (16.09.04),<br>(Family: none)                           | 1-9                   |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int. C1. 7 F16C33/62, 33/32, 33/34, C23C8/32

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int. C1. 7 F16C33/58-33/64, 33/32-33/36, C23C8/32

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2005年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2005年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2005年

## 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示   | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| Y               | JP 4-141572 A (エヌティエヌ株式会社) 199<br>2. 05. 15, 第4頁左上欄-右上欄, 第1図 (ファミリーな<br>し)  | 1-9              |
| Y               | JP 2003-226919 A (NTN株式会社) 200<br>3. 08. 15, 【表1】 , 【表7】 & JP 2003-22<br>6918 A & JP 2003-227517 A & JP<br>2003-227518 A & JP 2004-09291<br>3 A & JP 2004-137605 A & JP 20<br>04-138238 A & US 2003/0123769 | 1-9              |

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
- 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

## 国際調査を完了した日

02. 02. 2005

## 国際調査報告の発送日

22. 2. 2005

## 国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

## 特許庁審査官（権限のある職員）

藤村 泰智

3 J 9247

電話番号 03-3581-1101 内線 3326

| C(続き) 関連すると認められる文献 |   |                  |
|--------------------|---|------------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*    | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示   | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
| A                  | A1 & DE 10254635 A & FR 284190<br>7 A & CN 1421541 A                          |                  |
| A                  | WO 1998/044270 A1 (光洋精工株式会社) 1<br>998.10.08 & US 6290398 B1 & EP<br>971141 A1 | 1-9              |
| P, Y               | JP 2004-232669 A (日本精工株式会社) 20<br>04.08.19 (ファミリーなし)                          | 1-9              |
| P, Y               | JP 2004-257556 A (NTN株式会社) 200<br>4.09.16 (ファミリーなし)                           | 1-9              |